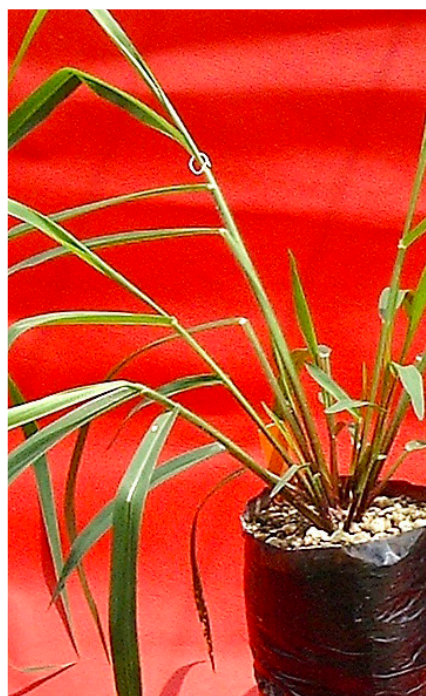


Tolerância Relativa de Dois Acessos de *Brachiaria brizantha* ao Alagamento do Solo



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
138**

**Tolerância Relativa de Dois Acessos de
Brachiaria brizantha ao Alagamento do Solo**

*Moacyr Bernardino Dias-Filho
Monyck Jeane dos Santos Lopes
Sanzio Carvalho Lima Barrios
Cacilda Borges do Valle*

***Embrapa Amazônia Oriental
Belém, PA
2019***

Disponível no endereço eletrônico: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
CEP 66095-903, Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente

Bruno Giovany de Maria

Secretária-Executiva

Ana Vânia Carvalho

Membros

Alfredo Kingo Oyama Homma, Alysson Roberto Baizi e Silva, Andréa Liliane Pereira da Silva, Luciana Gatto Brito, Michelliny Pinheiro de Matos Bentes, Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana, Patrícia de Paula Ledoux Ruy de Souza

Supervisão editorial e revisão de texto

Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana

Normalização bibliográfica

Andréa Liliane Pereira da Silva

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Tratamento de fotografia e editoração eletrônica

Vitor Trindade Lôbo

Foto da capa

Moacyr Bernardino Dias-Filho

1ª edição

Publicação digitalizada (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amazônia Oriental

Tolerância relativa de dois acessos de *Brachiaria brizantha* ao alagamento do solo / Moacyr Bernardino Dias-Filho... [et al.]. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2019.

24 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 138).

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Solo inundado. 3. Cultivar. 4. Comportamento de cultivar. 5. Gramínea forrageira. I. Dias-Filho, Moacyr Bernardino. II. Embrapa Amazônia Oriental. III. Série.

CDD 21 ed 633.2

Andréa Liliane Pereira da Silva (CRB-2/1166)

© Embrapa, 2019

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos8

Resultados e Discussão11

Conclusões.....23

Referências23

Tolerância Relativa de Dois Acessos de *Brachiaria brizantha* ao Alagamento do Solo

Moacyr Bernardino Dias-Filho¹

Monyck Jeane dos Santos Lopes²

Sanzio Carvalho Lima Barrios³

Cacilda Borges do Valle⁴

Resumo – Objetivou-se determinar a tolerância relativa de dois acessos de *Brachiaria brizantha* (BRS Ybaté e B144) ao alagamento. Para isso, as respostas morfológicas e fisiológicas dos acessos foram comparadas com o capim-marandu (*B. brizantha* ‘Marandu’), em plantas cultivadas em vasos, sob alagamento e bem drenado. O alagamento reduziu a taxa diária de alongamento foliar dos genótipos avaliados. A taxa de crescimento relativo, produção de biomassa total e de folhas, colmos e raízes foram reduzidos pelo alagamento nas cultivares BRS Ybaté e Marandu, porém, não foi possível detectar diferenças entre os tratamentos para o acesso B144. Apenas a alocação de carbono para folhas foi afetada pelo alagamento, sendo menor nesse tratamento. O alagamento reduziu significativamente a fotossíntese líquida, a condutância estomática e a transpiração dos dois acessos. É possível concluir que o acesso B144 é relativamente mais tolerante ao alagamento do que a cultivar BRS Ybaté.

Termos para indexação: gramínea forrageira, taxa de alongamento foliar, fotossíntese, alocação de biomassa, encharcamento do solo, BRS Ybaté.

¹ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ecofisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

² Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, bolsista PCI do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, PA

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

⁴ Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Melhoramento de Plantas, pesquisadora aposentada da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Relative Tolerance to Flooding in Two *Brachiaria Brizantha* Accessions

Abstract – The physiological and morphological responses of two *Brachiaria brizantha* accessions (BRS Ybaté and B144) and of *B. brizantha* ‘Marandu’ were compared for plants grown in pots under flooding and well-drained conditions, for 14 days. Flooding caused a significant reduction on leaf elongation rate on all plants. Relative growth rate, total plant biomass and leaf, culm and root biomass were reduced by flooding on cultivars Marandu and BRS Ybaté, however, no difference between treatments could be detected for B144. For carbon allocation, only allocation to leaves was significantly reduced by flooding. Flooding significantly reduces net photosynthesis, stomatal conductance and transpiration of both accessions. It can be concluded that the accession B144 is relatively more tolerant to flooding than the cultivar BRS Ybaté.

Index terms: forage grasses, leaf elongation rate, photosynthesis, biomass allocation, waterlogging, BRS Ybaté.

Introdução

O encharcamento ou o alagamento temporário do solo pode ser relativamente comum em pastagens tropicais. O excesso de água no solo da pastagem pode ser causado, naturalmente, por períodos chuvosos intensos, má drenagem do solo e elevação sazonal do nível de rios e do lençol freático. Mesmo nas pastagens em que o excesso de água no solo não é esperado, é possível que as práticas vigentes ou passadas de manejo contribuam para que, periodicamente, predominem condições, muitas vezes visualmente imperceptíveis, de excesso de água no solo (Dias-Filho; Lopes, 2019a).

O excesso de água no solo diminui as trocas de gases entre a planta e o ambiente (Armstrong et al., 1994; Liao; Lin, 2001; Pompeiano et al., 2019). Sob anoxia, as células do sistema radicular sofrem alterações no seu metabolismo, provocando queda imediata na produção de adenosina trifosfato (ATP). Essa queda restringe o suprimento de energia para o crescimento das raízes, reduzindo o desenvolvimento geral da planta. (Sousa; Sodek, 2002; Fukao; Bailey-Serres, 2004; Dias-Filho, 2013; Loreti et al., 2016; Mustroph, 2018).

O capim-marandu (*Brachiaria brizantha* 'Marandu') é uma das gramíneas forrageiras mais plantadas no Brasil e, particularmente, na região amazônica (Tonato et al., 2019). Uma característica dessa cultivar é a sua baixa tolerância ao excesso d'água no solo (Dias-Filho; Carvalho, 2000). Acredita-se que a baixa tolerância do capim-marandu e de outros capins a condições persistentes de encharcamento do solo e as consequentes alterações morfofisiológicas sofridas pela planta sob esse estresse atuariam como fator de predisposição para a instalação da síndrome da morte do capim-marandu (Teixeira Neto et al., 2000; Dias-Filho, 2006; Pedreira et al., 2019). Essa síndrome, nos últimos anos, tem sido importante causa de degradação de pastagens (Dias-Filho; Lopes, 2019b).

No momento, a alternativa recomendada pela pesquisa para lidar com o problema da síndrome da morte do capim-marandu tem sido a diversificação das pastagens, por meio do plantio, nos locais de risco, de espécies ou cultivares mais tolerantes ao excesso d'água no solo (Andrade; Valentim, 2006; Pedreira et al., 2019). Dessa forma, a avaliação preliminar da tolerância relativa de acessos de capins ao alagamento do solo tem sido incorporada ao programa de lançamento de novas cultivares de gramíneas forrageiras da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Assim, o objetivo desse estudo foi determinar as respostas fisiológicas e morfológicas de dois acessos de *B. brizantha* ao alagamento do solo, utilizando-se a cultivar Marandu dessa espécie como testemunha, para determinar a tolerância relativa desses acessos a esse estresse.

Material e Métodos

Material vegetal e condições de crescimento

Sementes de *B. brizantha* 'Marandu', BRS Ybaté (B140, BRA 003395) e B144 (BRA 003450), oriundas da Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, foram germinadas em terço e transplantadas, individualmente, para recipientes plásticos com 2 kg de solo superficial de área de floresta secundária e esterco bovino curtido, na proporção de 2:1 (volume). No dia seguinte ao transplante, cada planta recebeu 10 mL de solução nutritiva (15% N, 30% P_2O_5 , 15% K_2O , 0,02% B, 0,07% Cu, 0,15% Fe, 0,05% Mn, 0,0005% Mo e 0,006% Zn; 8 g L⁻¹ de água), aplicados a 1 cm do coleto. Essa adubação foi realizada novamente, aos 18, 23, 27 e 30 dias após o transplante, porém, com concentração de 15 g L⁻¹. Três dias após o transplante, as plantas foram adubadas com solução de 40 ppm de P [$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$]. Onze dias após o transplante, realizou-se a adubação nitrogenada com 50 ppm de N na forma de ureia. O alagamento do solo foi imposto 15 dias após o transplante dos acessos, por meio da manutenção da saturação do solo com água, durante 14 dias, mediante a vedação do dreno dos recipientes com saco plástico (Figura 1). Plantas do tratamento controle foram cultivadas em recipientes com dreno, recebendo duas ou três irrigações diárias até a saturação do solo, constatada pela perda de água pelos drenos.

Durante todo o período experimental as plantas foram cultivadas em viveiro de produção de mudas, sob uma tela preta de polipropileno, a qual interceptava aproximadamente 20% da radiação solar direta, não havendo controle de umidade, temperatura e eventos de chuva.



Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho

Figura 1. Vista parcial do experimento. Controle = recipientes escuros. Alagado = recipientes claros.

Taxa de alongamento foliar

Diariamente, aproximadamente no mesmo horário (entre 9h e 10h da manhã), media-se o comprimento de uma folha jovem em expansão (com a lígula ainda não exposta). Após o aparecimento da lígula, era selecionada nova folha para medição. A folha medida era identificada com anel plástico colorido. A taxa diária de alongamento foliar foi calculada com base na diferença entre os comprimentos das lâminas de dias consecutivos. Mediu-se uma folha por perfilho e por planta.

Produção e alocação de biomassa e número de perfilhos

Ao final do experimento, foi determinado o número de perfilhos por planta e as plantas foram colhidas e divididas em folhas, colmo (incluindo a bainha) e raízes. As raízes foram lavadas com jato de água fraco para retirada do solo. Todo o material vegetal foi colocado, individualmente, em sacos de papel e levados para secar em estufa, com circulação forçada de ar, a 65 °C, permanecendo na estufa por 48 horas. Após a secagem, o material foi pesado para a determinação da massa seca da folha, do colmo, da raiz e da massa seca total de cada planta.

Em nenhum dos genótipos e tratamentos houve produção significativa de material morto da parte aérea, por essa razão, esse componente não foi considerado.

A partir dos dados de massa seca dos diferentes componentes, foram calculadas as razões de massa foliar (RMF), do colmo (RMC) e radicular (RMR) pela divisão da massa seca de cada órgão pela massa seca total da planta. A taxa de crescimento relativo (TCR), que se refere ao aumento da massa seca por unidade de massa original em um dado intervalo de tempo, foi calculada com base no período de cultivo das plantas (14 dias). Todos os parâmetros de crescimento foram calculados de acordo com Hunt (1990).

Fotossíntese e trocas gasosas

A fotossíntese líquida, a condutância estomática ao vapor de água e a transpiração foram medidas com um sistema fotossintético portátil (LI-6400, Li-cor, inc., Lincoln, NE, EUA) 6 dias após a imposição do alagamento. Mediu-se uma folha jovem e completamente expandida por planta (Figura 2). Os parâmetros de troca gasosa foram calculados com base na área foliar. As medições foram realizadas no período de 9h às 11h, utilizando luz artificial vermelha ($1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) acoplada à câmara de fotossíntese.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 2. Detalhe da coleta de dados de trocas gasosas.

Delineamento experimental e análise estatística

Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial de três genótipos (dois acessos + cultivar testemunha) de *B. brizantha* e dois níveis de água no solo (não alagado e alagado), com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída de uma planta por vaso, sendo medidos quatro indivíduos de cada genótipo para as análises de crescimento, número de perfilhos, alocação de biomassa e alongamento foliar e três para as trocas gasosas. Diferenças em todas as variáveis foram testadas por análise de variância (Anova), com tratamentos (alagado e não alagado) e genótipos (BRS Ybaté, B144 e Marandu) como fatores principais. Foram realizadas análises de contrastes de médias para acessar diferenças entre os tratamentos, dentro de cada genótipo. Antes de cada Anova, os dados eram testados para homogeneidade de variância e, quando necessário, sofriam transformações logarítmicas. Os dados transformados foram retransformados para apresentação.

O pacote estatístico Statistica for Windows versão 5.5 (StatSoft, Inc., Tulsa, EUA) foi usado para a análise dos dados e confecção dos gráficos.

Resultados e Discussão

Taxa diária de alongamento foliar

Sob alagamento, a redução na taxa média diária de alongamento foliar, na cultivar BRS Ybaté (40%, $F_{1,319} = 121,4$; $P < 0,001$) foi discretamente maior do que a da cultivar Marandu (34%, $F_{1,319} = 106,2$; $P < 0,001$), enquanto no acesso B144 (35%, $F_{1,319} = 91,6$; $P < 0,001$) essa queda foi semelhante (Figura 3).

A taxa de alongamento foliar é um indicador visual do crescimento e desenvolvimento da planta e varia até mesmo entre genótipos da mesma espécie (Dias-Filho et al., 2018). Em um dos primeiros estudos publicados no Brasil, comparando a tolerância ao alagamento do solo de diferentes espécies de *Brachiaria* (Dias-Filho; Carvalho, 2000), foi sugerido que a taxa diária de alongamento foliar poderia ser usada como parâmetro indicador precoce da tolerância de capins ao alagamento do solo.

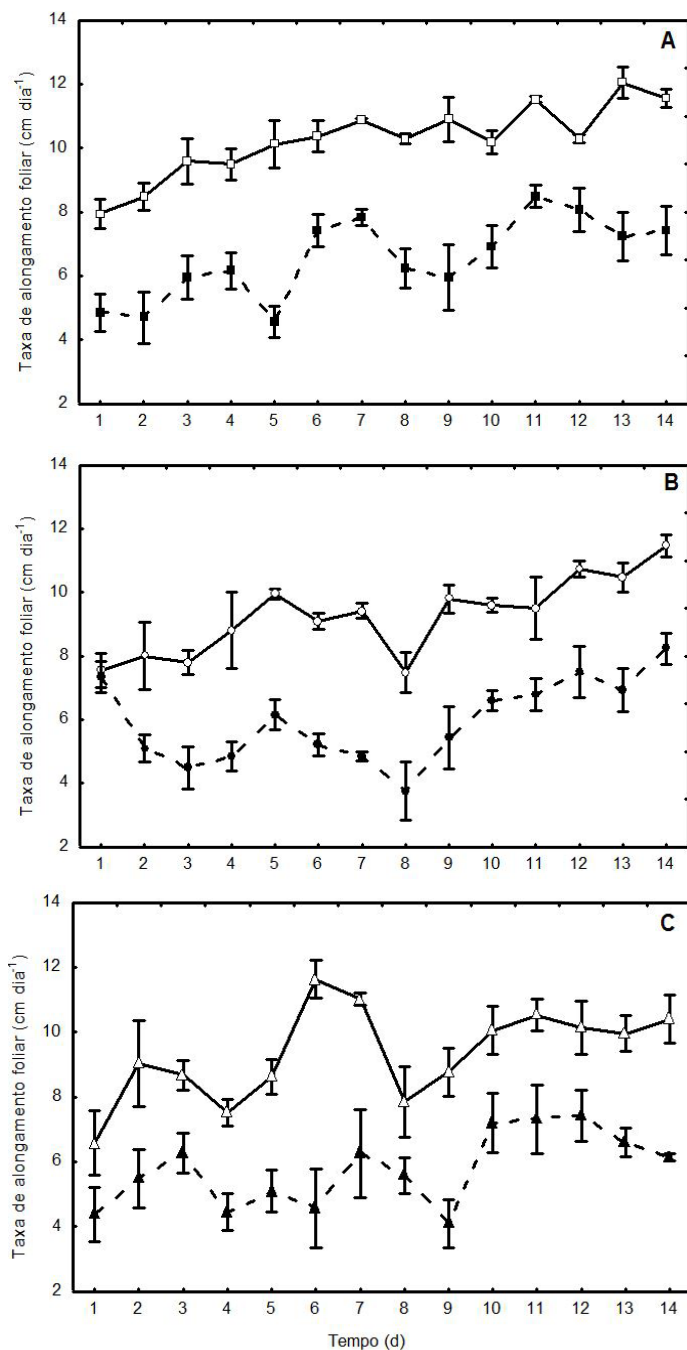


Figura 3. Taxa diária de alongamento foliar de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (símbolo aberto, linha sólida) e alagamento (símbolo fechado, linha tracejada). Dados são média \pm erro padrão.

No presente estudo, o alongamento foliar foi significativamente afetado pelo alagamento do solo em todos os genótipos, porém, relativamente com maior intensidade na cultivar BRS Ybaté, a qual apresentou redução 6% maior do que a da cultivar Marandu.

Crescimento, produção de biomassa e número de perfilhos

O alagamento reduziu significativamente a taxa de crescimento relativo (TCR) da cultivar BRS Ybaté (64,2%, $F_{1,12} = 76,9$; $P < 0,001$), porém, não afetou a TCR do acesso B144, o qual, inclusive, apresentou leve tendência de aumento (2,7%) na TCR nas plantas alagadas (Figura 4). A redução na TCR do capim-marandu (62%, $F_{1,12} = 218,6$; $P < 0,001$) foi semelhante àquela observada para a cultivar BRS Ybaté.

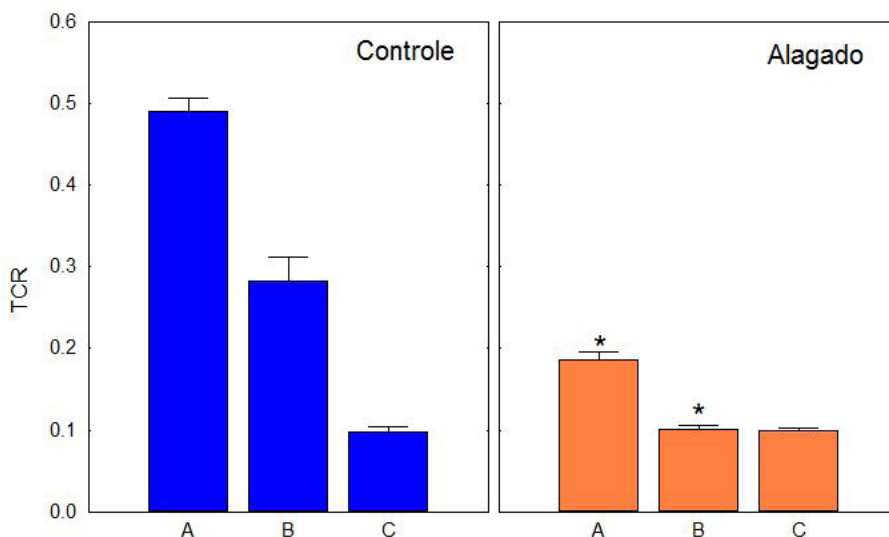


Figura 4. Taxa de crescimento relativo (TCR) de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (Controle) e alagado (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

Como esperado, a produção de biomassa total seguiu o mesmo padrão da TCR. Para a cultivar BRS Ybaté (67,1%, $F_{1,18} = 26,8$; $P < 0,05$) e a cultivar Marandu (59,7%, $F_{1,18} = 60,8$; $P < 0,001$), houve redução na produção de biomassa total nas plantas alagadas. Não foi possível detectar diferença significativa entre tratamentos para a tendência de redução na produção total de biomassa do acesso B144 sob alagamento (18,3%, $F_{1,18} = 0,4$; $P = 0,53$) (Figura 5).

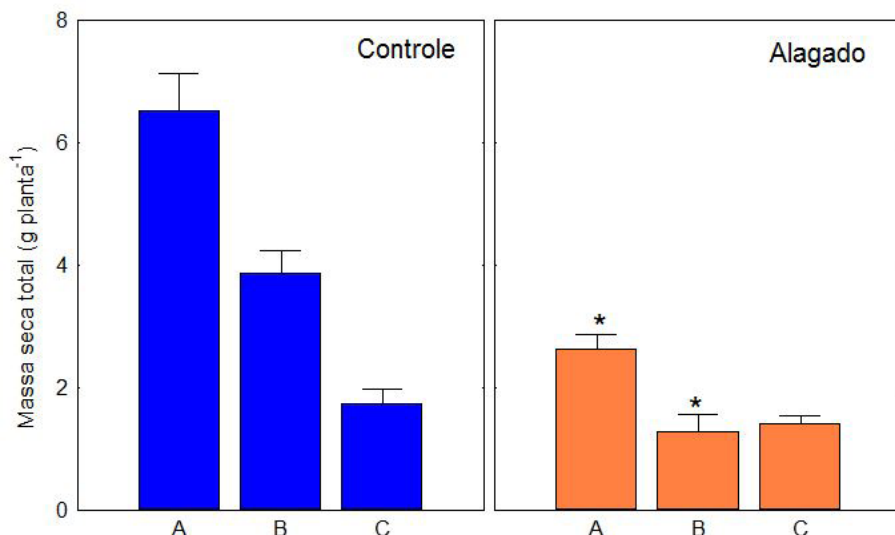


Figura 5. Produção de massa seca total de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (Controle) e alagado (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

Avaliando os componentes formadores da biomassa total da planta (i.e., folhas, colmos e raízes), observou-se que estes seguiram tendência semelhante à observada na biomassa total, indicando que, dentre os genótipos avaliados, a queda na produção de biomassa em decorrência do alagamento foi, em termos absolutos, igualmente distribuída.

Sob alagamento, a biomassa de folhas foi 69,9% menor ($F_{1,18} = 30,7$; $P < 0,001$) na cultivar BRS Ybaté. Essa redução foi cerca de 6% maior do que a calculada para a cultivar Marandu, cuja diminuição na produção de folhas,

nas plantas alagadas, foi de 64,1% ($F_{1,18} = 74,6$; $P < 0,001$). Não foi possível detectar diferença significativa entre plantas alagadas e não alagadas para o acesso B144 ($F_{1,18} = 0,78$; $P = 0,39$), embora tenha sido observada uma tendência de queda (25%) nesse parâmetro nas plantas desse acesso, sob alagamento do solo (Figura 6).

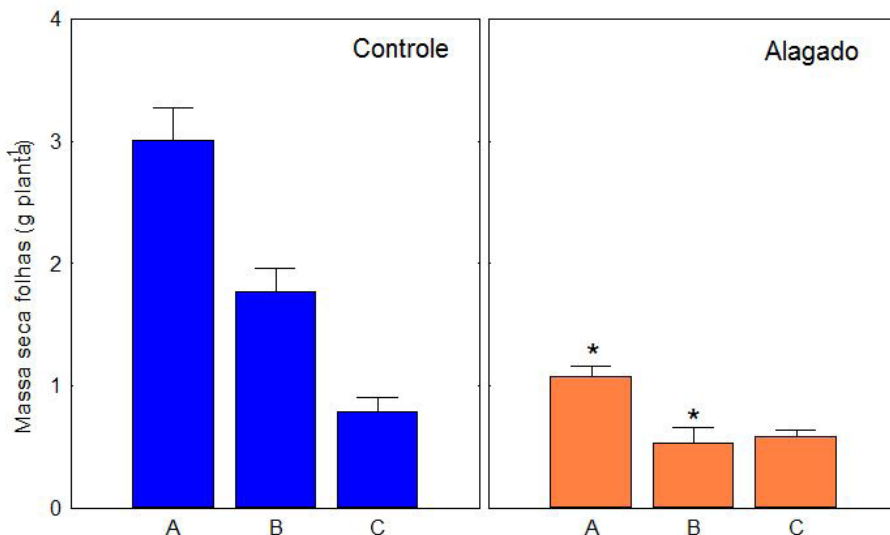


Figura 6. Massa seca de folhas por planta de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (Controle) e alagado (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

A biomassa de colmos também diminuiu sob alagamento na cultivar BRS Ybaté (69,3%, $F_{1,18} = 27,14$; $P < 0,001$). Na cultivar Marandu, a redução foi de 62,3% ($F_{1,18} = 48,16$; $P < 0,001$). Não foi possível encontrar significância estatística na redução de 15,1% na biomassa de colmos das plantas alagadas do acesso B144.

Em plantas alagadas, a produção de massa seca de raízes foi 54,8% menor na cultivar BRS Ybaté ($F_{1,18} = 5,48$; $P = 0,03$), redução esta que foi cerca de 9% maior do que a observada para plantas alagadas da cultivar Marandu (46%, $F_{1,18} = 17,6$; $P < 0,001$). Para o acesso B144, não foi possível encontrar significância estatística para a redução de 7,5% na biomassa de raízes das plantas alagadas (Figura 7).

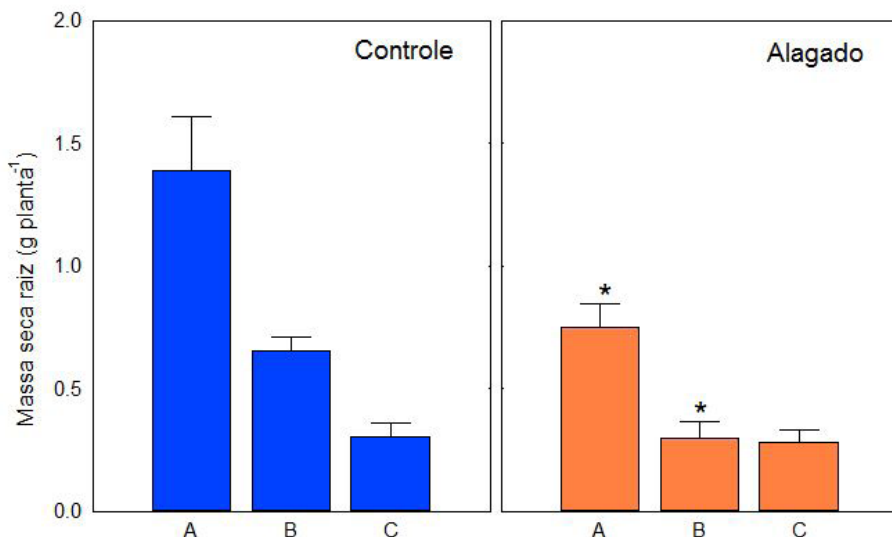


Figura 7. Massa seca de raiz por planta de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (Controle) e alagado (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

O número de perfilhos por planta seguiu a mesma tendência da produção de biomassa. Na cultivar BRS Ybaté (69,2%, $F_{1,18} = 20,9$; $P < 0,001$), a queda no número de perfilhos, nas plantas alagadas, foi cerca de 10% maior do que a calculada para a cultivar Marandu (59,5%, $F_{1,18} = 40,46$; $P < 0,001$). No acesso B144 (0%) não foi possível encontrar diferenças entre tratamentos (Figura 8).

O perfilhamento é característica importante ligada à capacidade produtiva de gramíneas forrageiras e, mesmo em espécies reconhecidamente tolerantes ao alagamento do solo, como o capim-angola (*Brachiaria mutica*) e a canarana verdadeira (*Echinochloa polystachya*), tem sido observada redução no número de perfilhos de plantas alagadas (Costa, 2004). Beloni et al. (2017) também encontraram queda no perfilhamento da cultivar Marandu, sob alagamento do solo. Da mesma forma, Caetano e Dias-Filho (2008) também reportaram diminuição significativa no perfilhamento da cultivar Marandu sob alagamento do solo e menor decréscimo desse atributo em outros acessos de *B. brizantha*, considerados relativamente mais tolerantes a esse estresse.

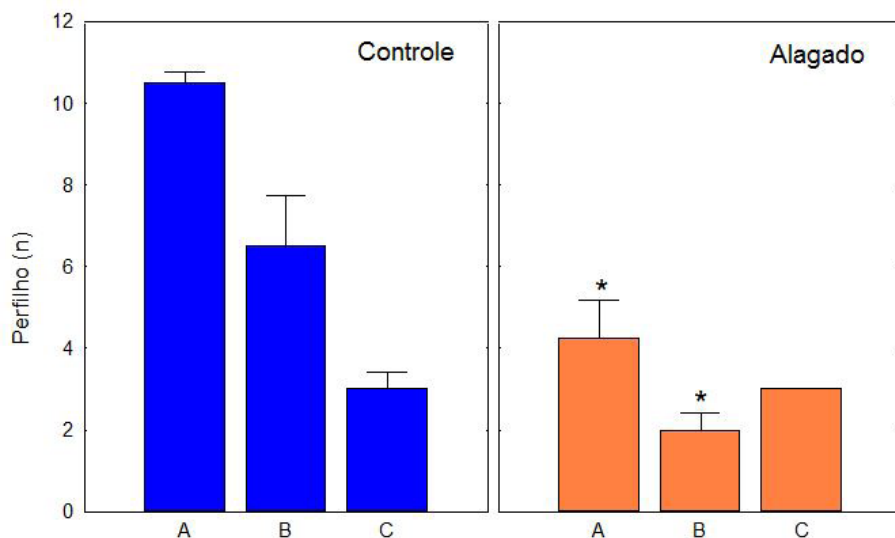


Figura 8. Número médio de perfilhos por planta de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (Controle) e alagado (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

O alagamento do solo geralmente tende a reduzir a biomassa de gramíneas forrageiras, mesmo naquelas consideradas relativamente tolerantes ao excesso de água no solo (Beloni et al., 2017), principalmente a produção de raízes, as quais são muito sensíveis à deficiência de oxigênio (Dias-Filho, 2013).

No presente estudo, houve diferença acentuada entre os dois acessos, comparados à cultivar Marandu, em relação aos efeitos do alagamento do solo nos parâmetros de crescimento e produção (Tabela 1). O acesso B144 (Figura 9) mostrou-se relativamente mais tolerante ao excesso de água no solo, apresentando reduções de desempenho sempre inferiores às daquelas do capim-marandu e da cultivar BRS Ybaté.

Tabela 1. Redução percentual, em parâmetros de crescimento e produtividade, decorrente do alagamento do solo, durante 14 dias, em genótipos de *Brachiaria brizantha*.

Parâmetro	BRS Ybaté	B144	Marandu
Taxa de alongamento foliar	40	35	34
Taxa de crescimento relativo	64,2	0	62
Biomassa total	67,1	18,3	59,7
Biomassa de folhas	69,9	25	64,1
Biomassa de colmos	69,3	15,1	62,3
Biomassa de raízes	54,8	7,5	46
Perfilhos	69,2	0	59,5

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 9. Aspecto de plantas de *Brachiaria brizantha* acesso B144 sob solo bem drenado (recipiente escuro, a esquerda) e alagado (recipiente claro, a direita).

Na cultivar BRS Ybaté (Figura 10), as quedas percentuais de desempenho das plantas alagadas foram sempre maiores do que as observadas na cultivar Marandu (Figura 11), a qual teve desempenho significativamente diminuído pelo alagamento do solo para esses parâmetros.

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 10. Aspecto de plantas de *Brachiaria brizantha* 'BRS Ybaté' sob solo bem drenado (recipiente escuro, a esquerda) e alagado (recipiente claro, a direita).

Foto: Moacyr Bernardino Dias-Filho



Figura 11. Aspecto de plantas de *Brachiaria brizantha* 'Marandu' sob solo bem drenado (recipiente escuro, a esquerda) e alagado (recipiente claro, a direita).

Alocação de biomassa

O alagamento reduziu a alocação de biomassa para as folhas (RMF) nas cultivares Marandu (11%) ($F_{1,18} = 13,3$; $P < 0,01$) e BRS Ybaté (10%) ($F_{1,18} = 12,4$; $P < 0,01$) e no acesso B144 (8%) ($F_{1,18} = 7,4$; $P < 0,01$) (Figura 12). A alocação de biomassa para colmos e raízes não foi afetada pelo alagamento do solo em nenhum dos genótipos testados (dados não apresentados).

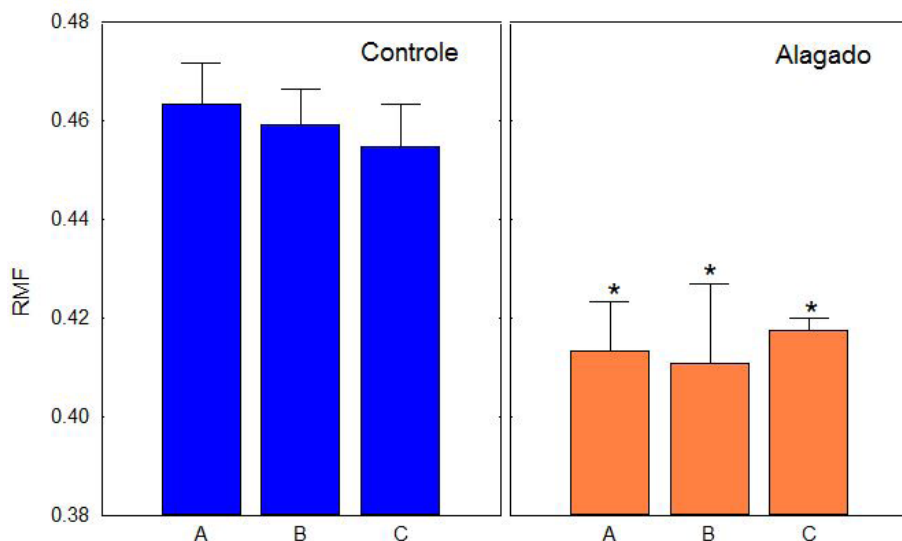


Figura 12. Alocação de biomassa para folhas (RMF) em *Brachiaria brizantha* 'Marandu' (A), 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivados sob solo bem drenado (Controle) e alagamento (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

Segundo Scheffer-Baso et al. (2002), alocação de biomassa da planta traduz a distribuição preferencial de carbono e nutrientes em seus diversos órgãos. O alagamento do solo pode modificar a alocação de biomassa da planta (Liu et al., 2019), podendo isso ser um reflexo da plasticidade a esse estresse. Caetano e Dias-Filho (2008) não encontraram resposta consistente na alocação de biomassa para folhas, colmos e raízes em seis genótipos de *Brachiaria* spp., submetidos ao alagamento do solo.

Trocas gasosas

O alagamento reduziu significativamente a fotossíntese líquida, a condutância estomática e a transpiração dos dois acessos testados (Figura 13). Na cultivar BRS Ybaté, a fotossíntese foi reduzida em 32% ($F_{1,69} = 126,2$; $P < 0,001$) e, no acesso B144, em 43% ($F_{1,69} = 195,1$; $P < 0,001$). Seguindo o mesmo padrão da resposta fotossintética, a condutância estomática foi reduzida em 59% na cultivar BRS Ybaté ($F_{1,69} = 152,4$; $P < 0,001$) e, também, na mesma proporção, no acesso B144 ($F_{1,69} = 93,4$; $P < 0,001$). Sob alagamento, a transpiração da cultivar BRS Ybaté diminuiu 28% ($F_{1,69} = 74,5$; $P < 0,001$) e 32% no acesso B144 ($F_{1,69} = 76,2$; $P < 0,001$).

É possível inferir que, em ambos os acessos, a queda na taxa fotossintética sob alagamento do solo deveu-se, principalmente, a fatores de natureza estomática. A diminuição da capacidade fotossintética é uma característica encontrada em plantas intolerantes ou pouco tolerantes ao alagamento ou encharcamento do solo (Dias-Filho, 2013). Uma das principais causas iniciais da queda na capacidade fotossintética, em plantas sob excesso de água no solo, é a redução na abertura estomática (Liao; Lin, 2001). O fechamento estomático durante o alagamento ou encharcamento é uma estratégia reguladora do balanço hídrico, sendo um comportamento importante para impedir a desidratação da folha, em plantas suscetíveis ao excesso de água no solo (Mollard et al., 2008). Assim, o fechamento estomático tem o papel de contribuir para a sobrevivência em plantas alagadas. A razão para isso é que, além de reduzir a demanda por água e nutrientes, o fechamento estomático restringe também a absorção de íons potencialmente tóxicos pela planta (Jackson, 1994).

Não foi possível analisar os dados de trocas gasosas para a cultivar Marandu, em decorrência de mal funcionamento do medidor de trocas gasosas. No entanto, avaliações conduzidas em ensaios semelhantes, sob as mesmas condições ambientais (Dias-Filho, 2002; Caetano; Dias-Filho, 2008), mostraram que as trocas gasosas nessa cultivar são bastante afetadas pelo excesso de água no solo, refletindo a sua baixa tolerância a esse estresse.

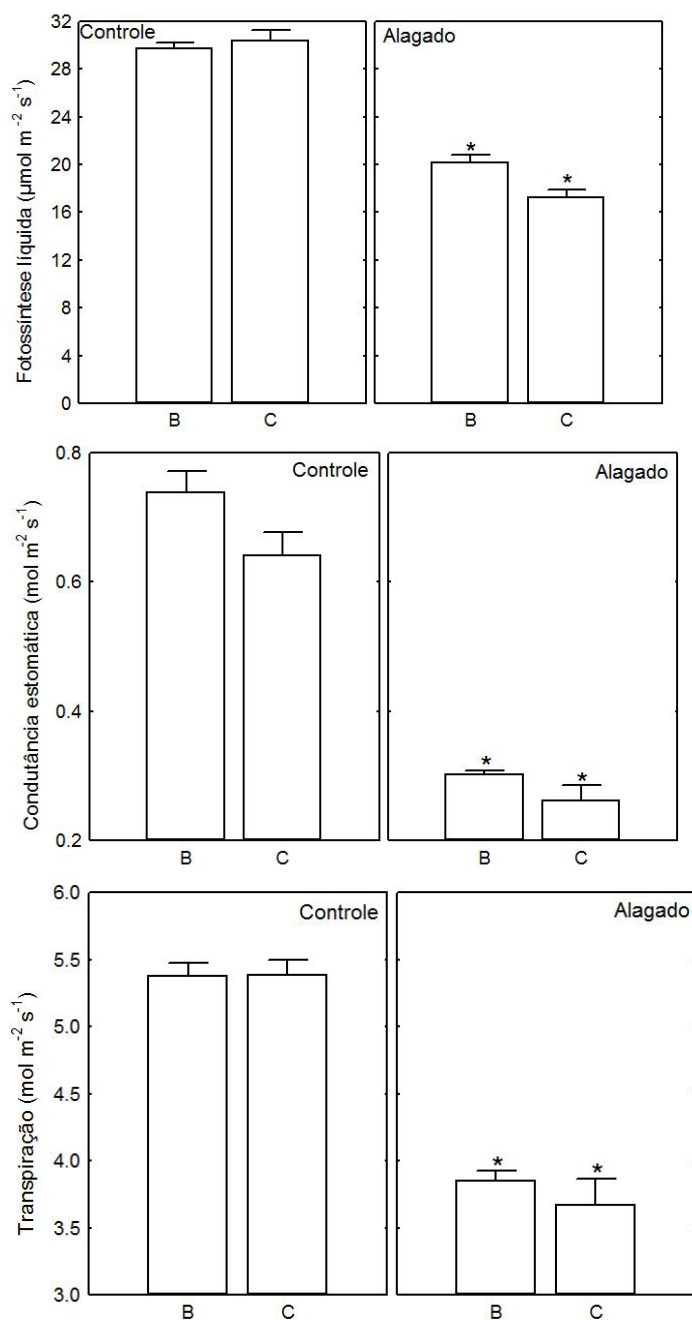


Figura 13. Fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração em *Brachiaria brizantha* 'BRS Ybaté' (B) e B144 (C), cultivadas sob solo bem drenado (Controle) e alagado (Alagado). O asterisco indica que houve diferença (contraste ortogonal post hoc, $P < 0,05$) entre os tratamentos (níveis de água no solo), para um dado genótipo. Os valores são média + erro padrão.

Conclusões

Os acessos de *B. brizantha* têm tolerância relativa diferencial em relação ao alagamento do solo. A cultivar BRS Ybaté foi a menos tolerante, tendo comportamento semelhante à cultivar Marandu. O acesso B144 foi mais tolerante ao alagamento do solo que a cultivar BRS Ybaté.

Referências

- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F. Soluções tecnológicas para a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 175-197.
- ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 43, n. 4, p. 307-358, 1994.
- BELONI, T.; PEZZOPANE, C. G.; ROVADOSCKI, G. A.; FÁVERO, A. P.; DIAS-FILHO, M. B.; SANTOS, P. M. Morphological and physiological responses and the recovery ability of *Paspalum* accessions to water deficit and waterlogging. **Grass Forage Science**, v. 72, p. 840-850, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/gfs.12281>>. Acesso em: 5 ago. 2019.
- CAETANO, L. P. S.; DIAS FILHO, M. B. Responses of six *Brachiaria* spp. accessions to root zone flooding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 795-801, 2008.
- COSTA, M. N. X. da. **Desempenho de duas gramíneas forrageiras tropicais tolerantes ao estresse hídrico por alagamento em dois solos glei húmicos**. 89 p. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- DIAS-FILHO, M. B. Características morfoanatômicas e fisiológicas de gramíneas associadas à tolerância a alagamento e encharcamento. In: SOUZA, F. H. D. de; MATTA, F. de P.; FÁVERO, A. P. (Ed.). **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. cap. 6, p. 125-150.
- DIAS-FILHO, M. B. Respostas morfofisiológicas de *Brachiaria* spp. ao alagamento do solo e a síndrome da morte do capim-marandu. In: BARBOSA, R. A. (Ed.). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. p. 83-101.
- DIAS-FILHO, M. B. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 439-447, abr. 2002.
- DIAS-FILHO, M. B.; LOPES, M. J. dos S. Manejo do solo em pastagens. In: BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. da S. **Manejo do solo em pastagens**. Viçosa, MG: SBCS, 2019a. cap. 36, p. 1163-1181.
- DIAS-FILHO, M. B.; LOPES, M. J. dos S. Processos e causas de degradação de pastagens na Amazônia. In: DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de (Ed.). **Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019b. p. 127-151.
- DIAS-FILHO, M. B.; FREITAS, M. V. de; LOPES, M. J. dos S.; CRUZ, E. D.; BARRIOS, S. C. L.; VALLE, C. B. do. **Tolerância relativa de híbridos de *Brachiaria decumbens* ao alagamento do solo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 127).

DIAS-FILHO, M. B.; CARVALHO, C. J. de. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1959-1966, out. 2000.

FUKAO, T.; BAILEY-SERRES, J. Plant responses to hypoxia – is survival a balancing act? **TRENDS in Plant Science**, v. 9, n. 9, p. 449-456, 2004.

HUNT, R. **Basic growth analysis for beginners**. London: U. Hyman, 1990. 112 p.

JACKSON, M. B. Root-to-shoot communication in flooded plants: involvement of abscisic acid, ethylene, and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. **Agronomy Journal**, v. 86, n. 5, p. 775-782, Sep./Oct. 1994.

LIAO, C. T.; LIN, C. H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council**, v. 25, n. 3, p. 148-157, 2001.

LORETI, E.; van VEEN, H.; PERATA, P. Plant responses to flooding stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 33, p. 64-71, Oct. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2qs5Vkw>>. Acesso em: 5 ago. 2019.

LIU, Y.; GE, T.; ZHU, Z.; LIU, S.; LUO, Y.; LI, Y.; WANG, P.; GAVRICHKOVA, O.; XU, X.; WANG, J.; WU, J.; GUGGENBERGER, G.; KUZYAKOV, Y. Carbon input and allocation by rice into paddy soils: A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 133, p. 97-107, 2019.

MOLLARD, F. P. O.; STRIKER, G. G.; PLOCHUK, E. L.; VEGA, A. S.; INSAUSTI, P. Flooding tolerance of *Paspalum dilatatum* (Poaceae: Paniceae) from upland and lowland positions in a natural grassland. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 203, n. 7, p. 548-556, 2008.

MUSTROPH, A. Improving flooding tolerance of crop plants. **Agronomy**, v. 8, n. 9, article 160, 2018.

PEDREIRA, B. C.; DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de; PEREIRA, D. H.; HOLSCHUCH, S. G.; CAVALLI, J. Convivendo com a síndrome da morte do braquiário na Amazônia. In: DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de (Ed.). **Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 127-151.

POMPEIANO, A.; HUARANCCA REYES, T.; MOLES, T. M.; GUGLIELMINETTI, L.; SCARTAZZA, A. Photosynthetic and growth responses of *Arundo donax* L. plantlets under different oxygen deficiency stresses and reoxygenation. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, Article 408, 2019.

SHEFFER-BASSO, S.; JACQUES, A. V. Á.; DALL'AGNOL, M. Alocação de biomassa e correlações morfofisiológicas em leguminosas forrageiras com hábitos de crescimento contrastantes. **Scientia agrícola**, v. 59, n. 4, p. 629-634, 2002.

SOUSA, C. A. F. de; SODEK, L. Respostas metabólicas de plantas à deficiência de oxigênio. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 83-94, 2002.

TEIXEIRA NETO, J. F. T.; SIMÃO NETO, M.; COUTO, W. S.; DIAS-FILHO, M. B.; SILVA, A. de B.; DUARTE, M. de L.; ALBUQUERQUE, F. C. **Prováveis causas da morte do capim-braquiário (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) na Amazônia Oriental: relatório técnico**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 20 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 36).

TONATO, F.; PERIN, R.; DIAS-FILHO, M. B. Opções forrageiras para pastagens na Amazônia. In: DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de (Ed.). **Recuperação de pastagens degradadas na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 79-126.



Amazônia Oriental

